



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105735** (13) **C2**  
(51) МПК

**C02F 1/28** (2006.01)

**B01D 15/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

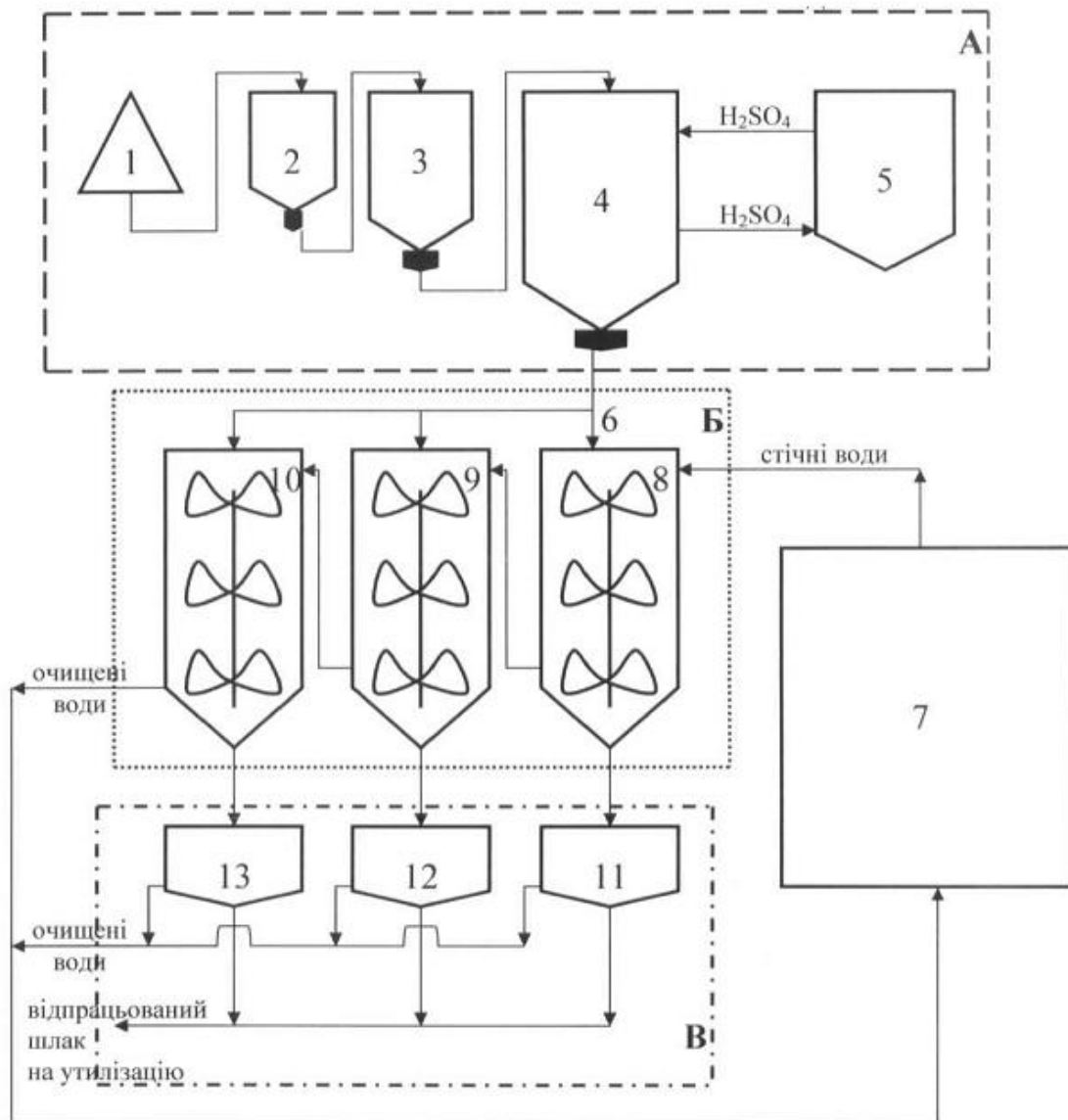
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2013 08281</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>01.07.2013</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.06.2014</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.01.2014, Бюл.№ 1</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.06.2014, Бюл.№ 11</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Хоботова Еліна Борисівна (UA), Грайворонська Інна Валерієвна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), <b>Хоботова Еліна Борисівна,</b> вул. Академіка Павлова, 311, кв. 148, м. Харків, 61148 (UA), <b>Грайворонська Інна Валерієвна,</b> вул. Садовий проїзд, 20, кв. 64, м. Харків, 61100 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Кирюшина Н.Ю. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup> электросталеплавильным шлаком / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Пенза, 2011 RU 2152360 C1; 10.07.2000 US 2007/0199867 A1; 30.08.2007 UA 50798 C2; 15.11.2002 RU 2003131515 A; 20.04.2005 KR 20040002831 A; 07.01.2004 CN 101838064 A; 22.09.2010 RU 2394776 C1; 20.07.2010 SU 1542909 A1; 15.02.1990</p>
---	---

**(54) СПОСІБ СТУПІНЧАТОЇ АДСОРБЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД ШЛАКОВИМ СОРБЕНТОМ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЗАМКННОСТІ ЦИКЛУ ОБОРОТНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до застосування шлакових сорбентів у ступінчатій адсорбційній очистці і може бути використаний при очистці стічних вод від органічних сполук на підприємствах з замкненим циклом оборотного водоспоживання. Спосіб ступінчатої очистки здійснюють в каскаді з трьох адсорберів з відстійниками, при цьому як сорбент органічних речовин використовують металургійні шлаки та розроблено технологічну схему ступінчатої адсорбційної очистки стічних вод із забезпеченням замкненості циклу оборотного водоспоживання. Винахід забезпечує зниження концентрації суміші ароматичних сполук, отримання очищених технічних вод, які придатні для певних технологічних процесів і покращення екологічної ситуації, за рахунок запобігання частковому скиду стічних вод з систем оборотного водоспоживання підприємств та в місцях розташування відвалів шлакових відходів за рахунок їх використання як сорбційного матеріалу та утилізації відпрацьованого шлаку в будівельній галузі.

UA 105735 C2



- А – блок підготовки та активації шлакового сорбенту:  
 1 – відвал металургійного шлаку; 2 – конусна дробарка; 3 – валкова дробарка;  
 4 – резервуар для активації шлаку; 5 – резервуар с розчином  $H_2SO_4$   
 6 – дозатор  
 7 – підприємство, в технологічному процесі якого утворюються стічні води  
 Б – блок адсорбційної очистки стічних вод:  
 8, 9, 10 – каскад адсорберів з примусовим перемішуванням пропелерними мішалками  
 В – блок розділення суспензій:  
 11, 12, 13 – відстійники

Фіг. 2

Схема ступінчатої сорбційної очистки стічних вод від органічних забруднювачів із забезпеченням замкненості циклу оборотного водоспоживання

Винахід належить до застосування шлакових сорбентів у ступінчатій адсорбційній очистці і може бути використаний при очистці стічних вод від органічних сполук на підприємствах із замкненим циклом оборотного водоспоживання.

Відомо біосорбційний фільтр для очистки стічних вод [RU 2186618. Биосорбционный фильтр для очистки сточных вод /Вайсман Я.И.; Зайцева Т.А.; Рудакова Л.В.; Глушанкова И.С.; Шишкин Я.С.; Никитенко А.С. - Заявка 2001100980/12; опубл. 10.08.2002], що утворюються на полігонах захоронення твердих побутових відходів. Біореактор складається з корпусу з розташованими шарами завантаження (кора, шлак, скоп, сорбент Н, гравій), а також дренажної системи, що відводить очищену воду. Стічні води рівномірно розподіляються по площі фільтра об'ємом 3 дм<sup>3</sup>, діаметром 10 см. Об'ємна швидкість подачі води 6 дм<sup>3</sup>/год. Недоліком даного способу є необхідність періодичної промивки фільтра та недостатня ступінь очистки стічних вод від важкоокислювальних органічних речовин, а також нерухомість шару сорбенту, що зменшує процес взаємодії "сорбат-сорбент".

Відомий спосіб очистки стічних вод від іонів важких металів (RU 2125972. Способ очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов /Зильберман М.В.; Налимова Е.Г.; Тиньгаева Е.А.) за допомогою сорбенту на основі гальваношламу. Сорбент, що містить 80 % шламу та 20 % полімеру, завантажують в колону певного діаметра. Через колонну пропускають стоки кислотнолужних рідин, що містять іони важких металів: цинку, кобальту, нікелю, міді. Ступінь очистки складає 60-80 %, а при додатковому завантаженні сорбенту близько 100 %. Недоліком даного способу є обмежена сфера використання (тільки для сорбції неорганічних сполук) та відсутність дифузійної взаємодії між сорбентом та стічною водою.

Як прототип вибрано установку для очистки стічних вод, що містять іони важких металів [Кирюшина Н.Ю. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup> электросталеплавильным шлаком /Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Пенза, 2011. - 22 с.], приведена технологічна схема розробленого процесу. Кислотні стоки з усереднювача та електросталеплавильний шлак з бункеру через дозатор подаються до змішувача. Стічна вода з температурою 20±3,0 °С перемішується у змішувачі протягом 15 хвилин, після чого отримана суспензія подається у вертикальний відстійник, де відбувається відділення очищеної води від осаду седиментацією. Очищена стічна вода потрапляє на нейтралізацію промивних ванн, а потім у міську каналізацію, а шлак направляється в контейнери, а потім на утилізацію.

Недоліками даного способу є те, що вода після очистки направляється до міської каналізації, а не замикається в цикл оборотного водоспоживання та обмежена сфера використання (тільки важкі метали).

В основу винаходу поставлено задачу розробки технологічної схеми ступінчатої адсорбційної очистки стічних вод від органічних сполук шлаковим сорбентом із забезпеченням замкненості циклу оборотного водоспоживання.

Задача вирішується за рахунок того, що відбувається адсорбційна очистка стічних вод металургійним шлаком, який потрапляє з відвалу до блока підготовки шлакового сорбенту попередньо на подрібнення, потім через дозатор - в адсорбери з механічним перемішуванням пропелерними мішалками, суспензія шлаку, що залишилась, потрапляє на розділення до відстійників, відрізняється тим, що шлак перед дозуванням хімічно активується реагентом-активатором 0,5 М розчином сірчаної кислоти, що може використовуватись багаторазово для активації порцій шлакового сорбенту, використовується каскад з трьох адсорберів, в якому очищені води перекачуються насосами, потім очищені води зливаються разом та потрапляють на дане підприємство в технологічний цикл, цикл оборотного водоспоживання замикається.

Приклад 1. Стосується розрахунку числа ступенів адсорбційної очистки стічних вод. Аналіз форми ізотерми адсорбцій" розчинених речовин дозволяє визначити оптимальну кількість ступенів адсорбційної очистки вод. Раціональне число ступенів адсорбційної очистки стічних вод тим менше, чим крутіше початкова гілка ізотерми адсорбції та вище значення константи адсорбційної рівноваги. Це можна показати на прикладі адсорбційної очистки стічних вод від п-нітроаніліну шлаком Побузького феронікелевого комбінату (ПФНК), ізотерма якого наведена на Фіг. 1.

Згідно з величинами адсорбції ( $a$ ) при певних рівноважних (залишкових) концентраціях п-нітроаніліну можливо розрахувати витрати адсорбенту при різній кількості ступенів очистки та вибрати оптимальний варіант (таблиця). Залишкова концентрація п-нітроаніліну в очищеній воді  $C_{зал}$  за умовами використання у виробництві прийнята рівною 0,25 мг/л, вихідна концентрація  $C_0$  п-нітроаніліну дорівнює 10 мг/л. Витрата адсорбенту  $m$  визначається різницею  $C_0$  та  $C_{зал}$  концентрацій поглиненої речовини поділеною на величину адсорбції  $a$  :

$$m = (C_0 - C_{\text{зал.}}) / a \cdot$$

Економія питомої витрати шлакового сорбенту зі збільшенням числа ступенів адсорбції зменшується. Заміна одноступінчатої схеми очистки на двоступінчасту призводить до зменшення витрати шлакового сорбенту на 46,5 %, введення третього ступеня призводить до зменшення  
 5 питомої витрати адсорбенту лише на 6,5 % у порівнянні із другим ступенем. Четвертий ступінь економить сорбент на 2,7 % у порівнянні з попередньою. Введення четвертого ступеня не економічно, так як витрати на створення нового обладнання перевищать вартість шлакового сорбенту. Відношення  $V_{\text{в}} : V_{\text{адс.}}$  має рекомендоване значення  $\geq 50$  при введенні триступеневої  
 10 адсорбційної системи очистки стічних вод. У зв'язку з цим рекомендовано каскад з трьох ступенів адсорбції.

Таблиця 1

Питомі витрати шлакового сорбенту ПФНК залежно від числа ступенів адсорбційної очистки стічної води від n-нітроаніліну

Число ступенів	1			2			3			4		
Номер ступеня	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4		
$C_0$ , мг/л	10	10	2,4	10	2,4	0,6	10	2,4	1	0,5		
$C_{\text{зал.}}$ , мг/л	0,25	2,4	0,25	2,4	0,6	0,25	2,4	1	0,5	0,25		
$a$ , мг/г	0,085	0,21	0,085	0,21	0,105	0,085	0,21	0,125	0,09	0,085		
$m$ , кг/м <sup>3</sup>	114,7	36,2	25,3	36,2	17,1	4,12	36,2	11,2	5,6	2,94		
$\sum m$ , кг/м <sup>3</sup>	114,7	61,4		57,4			55,9					
$V_{\text{в}} : V_{\text{адс.}}$	26,2	48,8		52,6			53,8					

Приклад 2. Стосується розробки технологічної схеми очистки стічних вод шлаковим сорбентом із забезпеченням замкненості водоспоживання. Схема ступінчатої адсорбційної  
 15 очистки стічних вод від органічних забруднень із забезпеченням замкненості циклу оборотного водоспоживання наведена на Фіг. 2.

Відвальний металургійний шлак виробництва феросплавів з відвалу 1 потрапляє в блок А підготовки та активації шлакового сорбенту початково на подрібнення в конусній дробарці 2, потім послідовно - у валковій дробарці 3. Диспергований шлак піддається хімічній активації в резервуарі 4, в який з резервуара 5 потрапляє реагент-активатор 0,5 М розчин сірчаної кислоти. Реагент 0,5 М розчин  $H_2SO_4$  може використовуватись багаторазово для активації порцій  
 20 шлакового сорбенту, тому передбачено його повернення до резервуара 5. Після активації шлаковий сорбент потрапляє до блока Б адсорбційної очистки стічних вод через дозатор 6 рівними порціями до адсорберів 8-10 з механічним перемішуванням пропелерними мішалками.  
 25 Із джерела утворення 7 стічні води потрапляють до блока Б, послідовно підлягають адсорбційній очистці в адсорберах 8-10. Після закінчення циклу у кожному адсорбері очищена вода насосами перекачується до наступного адсорбера. Суспензія шлаку, що залишилась, потрапляє на розділення до блока В, який складається з трьох відстійників. З адсорбера 8 суспензія потрапляє у відстійник 11; з адсорбера 9 - у відстійник 12; з адсорбера 10 - у  
 30 відстійник 13. Очищені води з блоків Б та В зливаються разом та потрапляють на вихідне підприємство в технологічний цикл. Цикл оборотного водоспоживання замкнувся.

Приклад 3. Стосується вибору адсорберів. При виборі адсорберів з мішалками враховано найбільш ефективні параметри:

- діаметр пропелерної мішалки  $d_M = 0,2 - 0,5$  від діаметра адсорбера  $D$ ;
- 35 шаг гвинта  $S = 1 - 3D$ ;
- висота рівня рідини в посудині  $H = 0,8 - 1,2D$ ;
- відстань між дном апарата та краєм лопаті  $h_M = 0,5 - 1 D$ .

Виходячи з цього, розраховані оптимальні параметри адсорбера з примусовим перемішуванням (1 - корпус апарата; 2 - відбивна перегородка; 3 - пропелерна мішалка; 4 - вал; 5 - отвір для подачі та випуску води; 6 - отвір для спуску суспензії шлакового сорбенту), що  
 40 наведено на Фіг. 3. Розрахунок проведено, виходячи з об'єму стічних вод 30000 дм<sup>3</sup>, що утворюються за добу на текстильному підприємстві середньої потужності. При безперервній

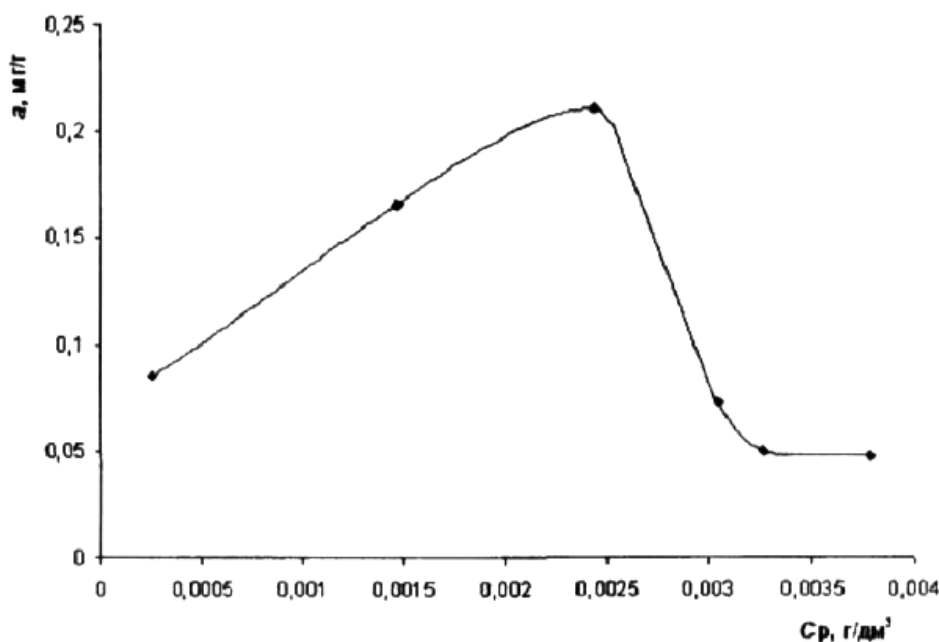
роботі протягом доби та часу адсорбції однієї партії стічних вод 4 години робочий об'єм адсорбера складає  $5000 \text{ дм}^3$  при діаметрі  $D = 1,8 \text{ м}$  та висоті рівня рідини  $H = 1,1 \cdot 1,8 = 2 \text{ м}$ . Діаметр мішалки з трьома пропелерами  $d_M = 0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ м}$ ; відстань між дном апарата та краєм лопаті  $h_M = 0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ м}$ ; крок гвинта  $S = 1,05 \cdot 1,8 = 1,89 \text{ м}$ . Висота адсорбера з урахуванням воронки рідини, що утворюється, складає  $H_{\text{адс.}} = 2,5 \text{ м}$ . Товщина відбивної перегородки у складає  $0,1 \text{ м}$ .

Екологічна безпека забезпечується за рахунок запобігання частковому скиду стічних вод з систем оборотного водоспоживання підприємств, тим самим відбувається перетворення оборотної системи на замкнуту та отримання очищених технічних вод, які придатні для певних технологічних процесів.

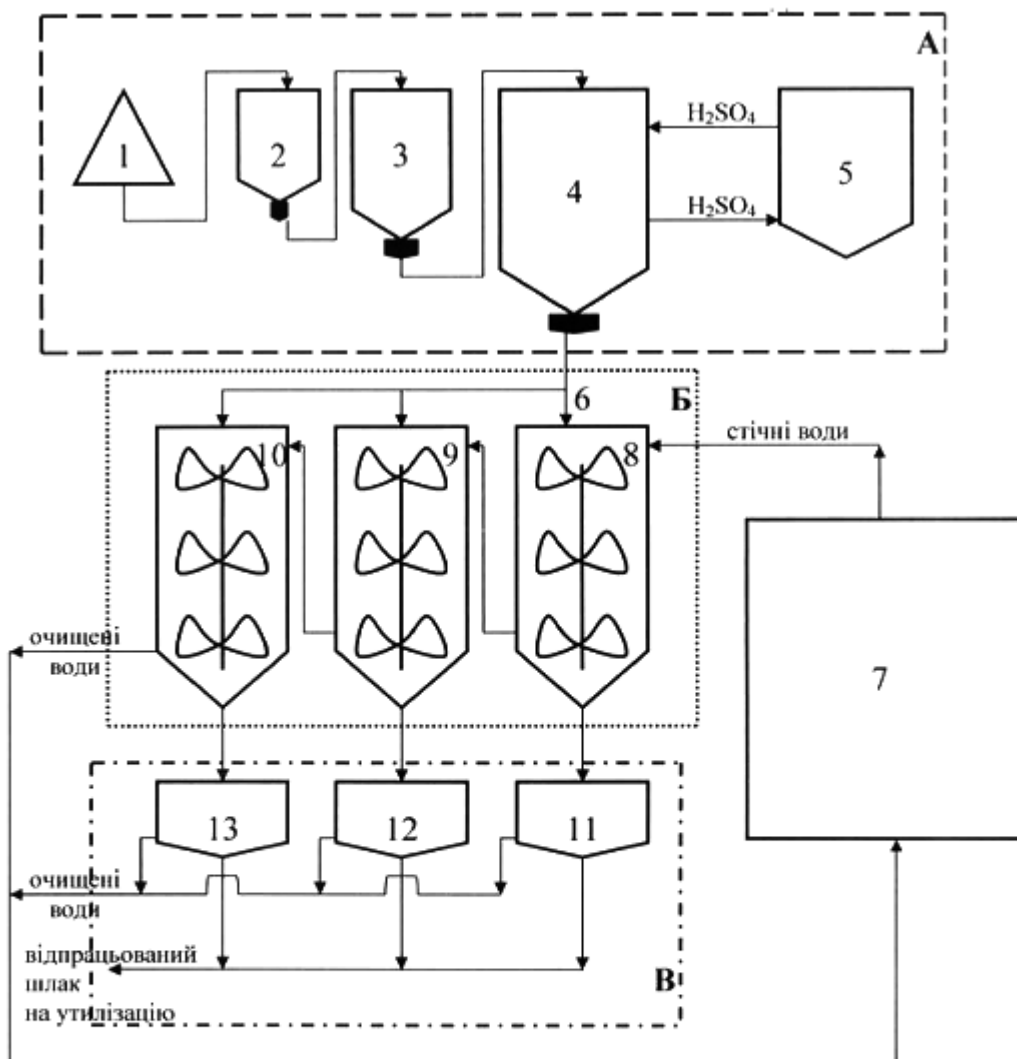
Розглянутий спосіб має наступні переваги: відсутність затрат на регенерацію сорбенту, замість цього - економічно вигідна утилізація відпрацьованого шлакового сорбенту в будівельній галузі як наповнювача бетонів, асфальтобетонів або шлакового щебеню, вирішення екологічних проблем промислових регіонів за рахунок використання відвальних шлаків металургійної галузі.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб ступінчатої адсорбційної очистки стічних вод шлаковим сорбентом із забезпеченням замкненості циклу оборотного водоспоживання, який включає подачу металургійного шлаку з відвалу до блока підготовки шлакового сорбенту на попереднє подрібнення, потім через дозатор шлак подають до адсорберів, куди подають і стічні води з підприємства, механічно перемішують пропелерними мішалками, суспензія шлаку, що залишилась, потрапляє на розділення до відстійників, який **відрізняється** тим, що шлак перед дозуванням хімічно активують реагентом-активатором  $0,5 \text{ М}$  розчином сірчаної кислоти, що багаторазово використовують для активації порцій шлакового сорбенту, стічні води послідовно піддають очистці в каскаді з трьох адсорберів з відстійниками, в якому очищені води перекачують насосами, потім очищені води з адсорберів і відстійників зливають разом та подають на підприємство в технологічний цикл для замикання циклу оборотного водоспоживання.

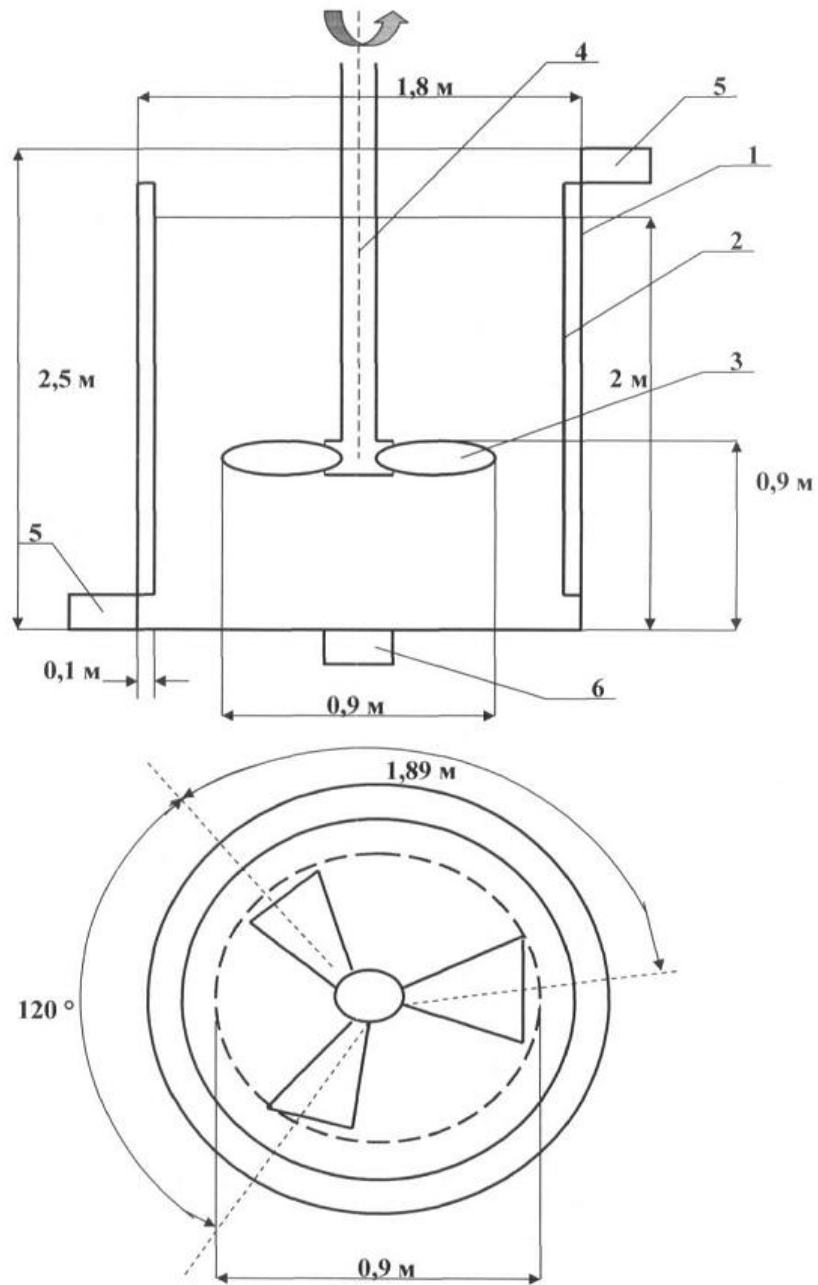


Фиг. 1



- А – блок підготовки та активації шлакового сорбенту:  
 1 – відвал металургійного шлаку; 2 – конусна дробарка; 3 – валкова дробарка;  
 4 – резервуар для активації шлаку; 5 – резервуар с розчином  $H_2SO_4$   
 6 – дозатор  
 7 – підприємство, в технологічному процесі якого утворюються стічні води  
 Б – блок адсорбційної очистки стічних вод:  
 8, 9, 10 – каскад адсорберів з примусовим перемішуванням пропелерними мішалками  
 В – блок розділення суспензії:  
 11, 12, 13 – відстійники

Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601